

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-125578

(43)Date of publication of application : 11.05.2001

(51)Int.Cl.

G10K 15/00  
H04B 3/23  
H04R 5/02  
H04R 5/027

(21)Application number : 11-265966

(71)Applicant : YAMAHA CORP

(22)Date of filing : 20.09.1999

(72)Inventor : MIYAZAKI HIDEO  
SHIMIZU YASUSHI

(30)Priority

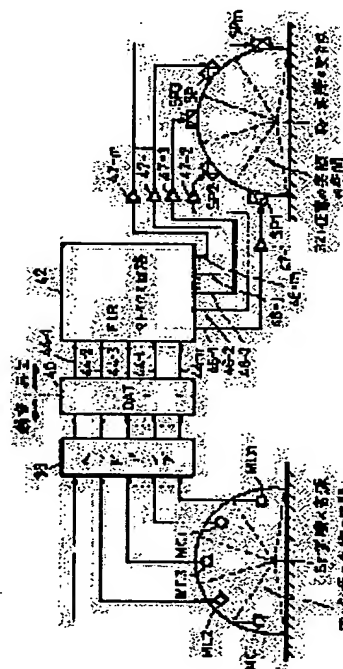
Priority number : 11230437 Priority date : 17.08.1999 Priority country : JP

## (54) METHOD AND DEVICE FOR REPRODUCING SOUND FIELD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reproduce the directional characteristics of a musical instrument and the difference in the direction of a player.

**SOLUTION:** Space surrounding a sound source S set in a sound field 10 that is the object of reproducing is divided into sound source element regions S1 to Sn. Space surrounding a sound receiving point R is divided into sound receiving element regions R1 to Rm. Sound irradiated from the source S is emitted from the regions S1 to Sn, goes through the field 10, is made incident on the regions R1 to Rm and arrives at the point R. In the above operation, impulse responses are obtained for every combination of the regions S1 to Sn and the regions R1 to Rm. Then, sound radiated from an actual sound source Sr in actual arbitrary space 26 is collected by microphones MC1 to MCn arranged corresponding to the regions S1 to Sn. An FIR matrix circuit 42 conducts fold in computations on the collected signals by impulse responses obtained for the regions S1 to Sn in the corresponding directions and reproduces acoustic signals generated by the computations above from speakers SP1 to SPm arranged corresponding to the regions R1 to Rm in the corresponding directions within an actual arbitrary space 32.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-125578

(P 2 0 0 1 - 1 2 5 5 7 8 A)

(43) 公開日 平成13年5月11日 (2001. 5. 11)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト (参考)

G10K 15/00

H04B 3/23

H04R 5/02

5/027

H04B 3/23

H04R 5/02

5/027

G10K 15/00

5D011

Z 5K046

Z

L

審査請求 有 請求項の数13 O L (全12頁)

(21) 出願番号 特願平11-265966

(22) 出願日 平成11年9月20日 (1999. 9. 20)

(31) 優先権主張番号 特願平11-230437

(32) 優先日 平成11年8月17日 (1999. 8. 17)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(72) 発明者 宮崎 秀生

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

(72) 発明者 清水 寧

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

(74) 代理人 100090228

弁理士 加藤 邦彦

Fターム (参考) 5D011 AA02 AB04

5K046 BB00 DD15 DD20 DD23 EE00

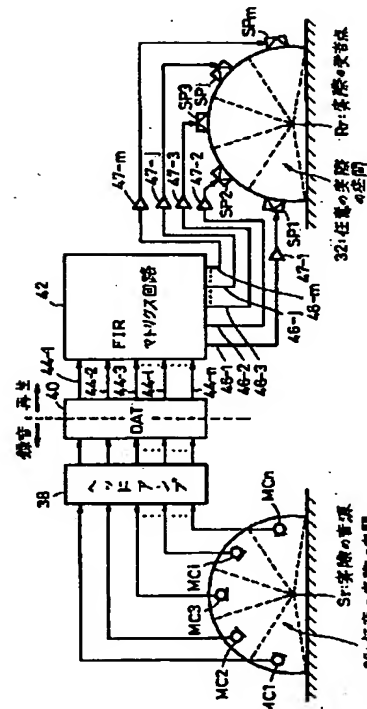
EE31 EE48 EE63

(54) 【発明の名称】 音場再現方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 楽器の指向特性や演奏者の向き等の違いを再現可能にする。

【解決手段】 再現対象の音場10内に設定された音源Sの周囲の空間を音源要素領域S1~Snに分割し、受音点Rの周囲の空間を受音要素領域R1~Rmに分割する。音源Sから放射された音がS1~Snから出射されて音場10内を通過してR1~Rmに入射されて受音点Rに到達する際のインパルス応答をS1~SnとR1~Rmの組み合わせごとに求める。任意の実際の空間26で実際の音源Srから放射される音をS1~Snに対応して配置された各マイクロホンMC1~MCnで収音する。FIRマトリクス回路42は各収音信号をそれぞれ対応する方向のS1~Snについて求めたインパルス応答でそれぞれ畳み込み演算し、該演算により生成された各音響信号を任意の実際の空間32内でそれぞれ対応する方向のR1~Rmに対応して配置されたスピーカSP1~SPmからそれぞれ再生する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】再現対象の音場内に設定された音源の周囲の空間を該音源を中心とした適宜の立体角の音源要素領域に分割し、該音場内に設定された受音点の周囲の空間を該受音点を中心とした適宜の立体角の受音要素領域に分割し、前記音源から放射された音が前記各音源要素領域から出射されて前記音場内を通過して前記各受音要素領域に入射されて前記受音点に到達する際のインパルス応答を前記各音源要素領域と前記各受音要素領域の組み合わせごとに計算または実測で求め、任意の実際の空間で実際の音源の周りの前記各音源要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置にマイクロホンを設置し、任意の実際の空間で実際の受音点の周りの前記各受音要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置にスピーカを設置し、該実際の音源から放射される音を前記各マイクロホンで収録し、該各収録信号をそれぞれ対応する方向の音源要素領域について求めたインパルス応答でそれぞれ畳み込み演算し、該演算により生成された各音響信号をそれぞれ対応する方向の受音要素領域に対応して配置されたスピーカからそれぞれ再生する音場再現方法。

【請求項2】前記マイクロホンによる収録、前記インパルス応答との畳み込み演算、前記スピーカによる再生の一連の動作を実時間で実行請求項1記載の音場再現方法。

【請求項3】前記マイクロホンで収録した信号を一旦録音し、その後該信号を再生して、前記インパルス応答との畳み込み演算をして前記スピーカで再生する請求項1記載の音場再現方法。

【請求項4】前記再現対象の音場内で、前記音源と前記受音点を同一位置に設定してなる請求項1から3のいずれかに記載の音場再現方法。

【請求項5】前記再現対象の音場内で、前記音源と前記受音点を別々の位置に設定してなる請求項1から3のいずれかに記載の音場再現方法。

【請求項6】前記実際の音源と前記実際の受音点を、同一空間内の同一位置に設定してなる請求項1から5のいずれかに記載の音場再現方法。

【請求項7】前記実際の音源と前記実際の受音点を、別々の空間内に設定してなる請求項1から5のいずれかに記載の音場再現方法。

【請求項8】前記音源要素領域と前記受音要素領域の分割形態が等しく設定されている請求項1から7のいずれかに記載の音場再現方法。

【請求項9】前記音源要素領域と前記受音要素領域の分割形態が等しく設定され、前記マイクロホンと前記スピーカが該分割形態に合わせてそれぞれ対にして配置されている請求項6記載の音場再現方法。

【請求項10】再現対象の音場内に設定された音源の周囲の空間を該音源を中心とした適宜の立体角の音源要素領域に分割し、該音場内に設定された受音点の周囲の空

間を該受音点を中心とした適宜の立体角の受音要素領域に分割し、前記音源から放射された音が前記各音源要素領域から出射されて前記音場内を通過して前記各受音要素領域に入射されて前記受音点に到達する際のインパルス応答を畳み込み演算のパラメータとして前記各音源要素領域と前記各受音要素領域の組み合わせごとに設定した畳み込み演算器と、

該各畳み込み演算器の出力信号を各対応する受音要素領域ごとに加算合成する加算器と、

10 任意の実際の空間で実際の音源の周りの前記各音源要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたマイクロホンと、

任意の実際の空間で実際の受音点の周りの前記各受音要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたスピーカとを具備し、

前記実際の音源から放射される音を前記各マイクロホンで収録し、該各収録信号を前記畳み込み演算器にてそれぞれ対応する方向の音源要素領域に関するインパルス応答でそれぞれ畳み込み演算し、該演算により生成された各音響信号を前記加算器でそれぞれ対応する方向の受音要素領域ごとに加算合成し、該各受音要素領域に対応して配置されたスピーカからそれぞれ再生する音場再現装置。

【請求項11】前記再現対象の音場内で前記音源と前記受音点が同一位置に設定され、前記実際の音源と前記実際の受音点が同一空間内の同一位置に設定され、前記マイクロホンによる収録、前記畳み込み演算および加算合成、前記スピーカによる再生の一連の動作を実時間で実行請求項10記載の音場再現装置。

30 【請求項12】再現対象の音場内に設定された音源の周囲の空間を該音源を中心とした適宜の立体角の音源要素領域に分割し、該音場内の別の位置に設定された受音点の周囲の空間を該受音点を中心とした適宜の立体角の受音要素領域に分割し、前記音源から放射された音が前記各音源要素領域から出射されて前記音場内を通過して前記各受音要素領域に入射されて前記受音点に到達する際のインパルス応答を畳み込み演算のパラメータとして前記各音源要素領域と前記各受音要素領域の組み合わせごとに設定した畳み込み演算器と、

40 該各畳み込み演算器の出力信号を各対応する受音要素領域ごとに加算合成する加算器と、

任意の実際の空間で実際の音源の周りの前記各音源要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたマイクロホンと、

該マイクロホンで収録した信号を録音し再生する録音再生装置と、

任意の実際の空間で実際の受音点の周りの前記各受音要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたスピーカとを具備し、

50 前記実際の音源から放射される音を前記各マイクロホン

で収音して前記録音再生装置で録音し、該録音後これを再生して、該再生されたマイクロホンごとの収音信号を前記畳み込み演算器にてそれぞれ対応する方向の音源要素領域に関するインパルス応答でそれぞれ畳み込み演算し、該演算により生成された各音響信号を前記加算器でそれぞれ対応する方向の受音要素領域ごとに加算合成し、該各受音要素領域に対応して配置されたスピーカからそれぞれ再生する音場再現装置。

【請求項13】再現対象の音場内に設定された音源の周囲の空間を該音源を中心とした適宜の立体角の音源要素領域に分割し、該音場内の別の位置に設定された受音点の周囲の空間を該受音点を中心とした適宜の立体角の受音要素領域に分割し、前記音源から放射された音が前記各音源要素領域から出射されて前記音場内を通過して前記各受音要素領域に入射されて前記受音点に到達する際のインパルス応答を畳み込み演算のパラメータとして前記各音源要素領域と前記各受音要素領域の組み合わせごとに設定した畳み込み演算器と、

該各畳み込み演算器の出力信号を各対応する受音要素領域ごとに加算合成する加算器と、

任意の実際の空間で実際の音源の周りの前記各音源要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたマイクロホンで収音して録音した信号を再生する再生装置と、

任意の実際の空間で実際の受音点の周りの前記各受音要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたスピーカとを具備し、

前記再生装置で再生されるマイクロホンごとの収音信号を前記畳み込み演算器にてそれぞれ対応する方向の音源要素領域に関するインパルス応答でそれぞれ畳み込み演算し、該演算により生成された各音響信号を前記加算器でそれぞれ対応する方向の受音要素領域ごとに加算合成し、該各受音要素領域に対応して配置されたスピーカからそれぞれ再生する音場再現装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ホール等の任意の音場を別の空間で再現する音場再現方法および該方法を実施するための装置に関し、楽器等音源の指向特性や演奏者の向き等の演奏状況等による音の違いを再現可能にして、より臨場感のある音場再現を可能にしたものである。

【0002】

【従来の技術】ホール等の任意の音場をリスニングルームや実験室等で再現する従来の手法を説明する。図2に示すように、再現対象のホール等の音場10内のステージ12上等に音源Sを設定し、客席14等に受音点Rを設定する。受音点Rの周囲の空間を、図3に示すように、該受音点Rを中心とした適宜の立体角の受音要素領域R1、R2、……、Rj、……、Rmに分割する。図

3の例では水平面内を8分割、斜め上方を4分割の合計12分割( $m=12$ )にした例を示す。図4に示すように(図4、図6の受音要素領域R1~Rmは、図3の分割形態を模式的に図示している。)、音源Sとして無指向性音源を用い、該音源Sから放射されて音場10内を通過して受音点Rに到達する音を指向性マイクロホンにより方向別に測定または計算し、該測定または計算結果に基づき、音源Sから放射された音が音場10内を通過して各受音要素領域R1~Rmから入って受音点Rに到達する際のインパルス応答を、各受音要素領域R1~Rmごとに求める。

【0003】求められた各受音要素領域R1~Rmごとのインパルス応答 $h_1 \sim h_m$ に基づき任意の実際の空間で音場10を再現する場合のシステム構成を図5に示す。リスニングルームや実験室等の任意の実際の空間16内で、リスナーや被験者が受聴を行う実際の受音点Rr(通常は空間16の平面内中央部)の周りに、前記各受音要素領域R1~Rm(図3)に対応する方向にスピーカSP1~SPmを配置する(図5ではスピーカSP1~SPmの配置位置を図4の受音要素領域R1~Rmの表示形態に合わせて模式的に図示している。)。DAT(デジタル・オーディオ・テープレコーダ)やCD(コンパクト・ディスク)プレーヤ等の音源装置18から再生される左右2チャンネル音響信号は1チャンネルに合成され、ヘッドアンプ19を介してFIRフィルタ20-1乃至20-m(畳み込み演算器)に入力される。FIRフィルタ20-1乃至20-mには、前記求められたインパルス応答 $h_1 \sim h_m$ が畳み込み演算のパラメータとして設定されている。1チャンネル音響信号はFIRフィルタ20-1乃至20-mでそれぞれ畳み込み演算されて、各受音要素領域R1~Rmに対応した方向ごとの音響信号(反射音信号)が生成される。該生成された各音響信号は、アンプ22-1乃至22-mで増幅されて、各対応するスピーカSP1~SPmからそれぞれ再生される。また、音源装置18から左右2チャンネルで再生される音響信号は、直接音として別途受音点Rrの前方左右位置からそのまま再生される。このようにして、受音点Rrにいる受聴者は、あたかも図2の音場10の客席14にいる雰囲気で音楽を鑑賞することができる。

【0004】以上は図2のステージ12上で演奏している音楽を客席14で聴く状態を再現したものであるが、ステージ12上で演奏している音楽をステージ12上で実時間で聴く状態を再現すれば、演奏者が音場10にいる雰囲気で行ハール等を行うことができる。その再現手法を説明する。図2の音場10において、ステージ12上の音源Sを同時に受音点Rとする。受音点R(=音源S)の周囲の空間を前記図3と同様に、該受音点Rを中心とした適宜の立体角の受音要素領域R1~Rmに分割する。図6に示すように、音源Sとして無指向性音源

を用い、該音源Sから放射されて音場10内を通して受音点R(=音源S)に到達する音を指向性マイクロホンにより方向別に測定または計算し、該測定または計算結果に基づき、音源Sから放射された音が音場10内を通して各受音要素領域R1~Rmから入って受音点Rに到達する際のインパルス応答を、各受音要素領域R1~Rmごとに求める。

【0005】求められた各受音要素領域R1~Rmごとのインパルス応答h1~hmに基づき任意の実際の空間で音場10を再現する場合のシステム構成を図7に示す。リスニングルームや実験室等の任意の実際の空間16内で、演奏者が演奏を行う位置(実際の音源Srおよび実際の受音点Rr。通常は空間16の平面内中央部)の上方等にマイクロホン24を配置し、該演奏位置の周りに、前記各受音要素領域R1~Rm(図3)に対応する方向にスピーカSP1~SPmを配置する。(図7ではスピーカSP1~SPmの配置位置を図6の受音要素領域R1~Rmの表示形態に合わせて模式的に図示している。)。マイクロホン24で収音された1チャンネルの音響信号(演奏信号)はヘッドアンプ19を介してFIRフィルタ20-1乃至20-m(畳み込み演算器)に入力される。FIRフィルタ20-1乃至20-mには、前記求められたインパルス応答h1~hmが畳み込み演算のパラメータとして設定されている。1チャンネル音響信号はFIRフィルタ20-1乃至20-mでそれぞれ畳み込み演算されて、各方向ごとの音響信号(反射音信号)が生成される。該生成された各音響信号は、アンプ22-1乃至22-mで増幅されて、各対応するスピーカSP1~SPmからそれぞれ再生される。このようにして、音源Srおよび受音点Rrにいる演奏者は、あたかも図2の音場10のステージ12上にいる雰囲気でありハーサルを行うことができる。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】前記従来の音場再現方法によれば、音源Sを無指向性として求めた各受音要素領域R1~Rmごとのインパルス応答h1~hmを用いている。しかし、実際の音場10内におけるインパルス応答は音源Sの指向特性の影響を受ける。例えば、トランペットのような指向性の強い楽器は、ステージ12上で客席14に対し正面を向いて演奏した場合と、横を向いて演奏した場合と、後ろを向いて演奏した場合では、客席14で聴いている人にとっても演奏者にとっても聴感が大きく変化する。ところが、前記従来の音場再現方法では、例えば図7のシステム構成において、マイクロホン24の真下にいる演奏者がトランペットを演奏しながら水平面内で向きを変えても、スピーカSP1~SPmから再生される音は変化しない。つまり、楽器の指向特性や演奏者の向きによる音の違いを再現することができなかった。

【0007】この発明は、前記従来の技術における問題

点を解決して、楽器等音源の指向特性や演奏者の向き等の演奏状況等による音の違いを再現可能にして、より臨場感のある音場再現を可能にした音場再現方法およびその装置を提供しようとするものである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】この発明の音場再現方法は、再現対象の音場内に設定された音源の周囲の空間を該音源を中心とした適宜の立体角の音源要素領域に分割し、該音場内に設定された受音点の周囲の空間を該受音点を中心とした適宜の立体角の受音要素領域に分割し、前記音源から放射された音が前記各音源要素領域から放射されて前記音場内を通して前記各受音要素領域に入射されて前記受音点に到達する際のインパルス応答を前記各音源要素領域と前記各受音要素領域の組み合わせごとに計算または実測で求め、任意の実際の空間で実際の音源の周りの前記各音源要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置にマイクロホンを配置し、任意の実際の空間で実際の受音点の周りの前記各受音要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置にスピーカを配置し、該実際の音源から放射される音を前記各マイクロホンで収音し、該各収音信号をそれぞれ対応する方向の音源要素領域について求めたインパルス応答でそれぞれ畳み込み演算し、該演算により生成された各音響信号をそれぞれ対応する方向の受音要素領域に対応して配置されたスピーカからそれぞれ再生するものである。

【0009】これによれば、再現しようとする音場の音源の周囲の空間を分割した音源要素領域と受音点の周囲の空間を分割した受音要素領域の組み合わせごとにインパルス応答を求め、演奏等を行う実際の空間で音源要素領域に対応する方向ごとにマイクロホンを配置して該演奏等を収音し、再生を行う実際の空間で受音要素領域に対応する方向ごとにスピーカを配置し、マイクロホンで収音した信号を対応する音源要素領域のインパルス応答で畳み込み演算して、対応する受音要素領域のスピーカで再生するようにしたので、指向性を有する楽器を演奏すれば、その向きに応じて異なる音が再生される。例えば、演奏を行う実際の空間内で、再現しようとする音場のステージ上で客席に対し正面に相当する方向を向いて演奏すれば、客席を向いて演奏しているように聞こえ、客席に対し後ろ向きに相当する方向を向いて演奏すれば、客席に対し後ろを向いて演奏しているように聞こえる。このようにして、楽器等音源の指向特性や演奏者の向き等の演奏状況等による音の違いが再生され、より臨場感のある音場再現が可能になる。

【0010】この発明の音場再現方法では、マイクロホンによる収音、インパルス応答との畳み込み演算、スピーカによる再生の一連の動作を例えば実時間で行うことができる。また、マイクロホンで収音した信号を一旦録音し、その後該信号を再生して、インパルス応答との畳み込み演算をしてスピーカで再生することもできる。ま

10

20

30

40

50

た、再現対象の音場内で、音源と受音点を例えば同一位置に設定してインパルス応答を求めることができる。また、再現対象の音場内で、音源と受音点を別々の位置に設定してインパルス応答を求めることもできる。また、演奏等を行う実際の音源と受聴を行う実際の受音点を、例えば同一空間内の同一位置に設定することができる。また、演奏等を行う実際の音源と受聴を行う実際の受音点を別々の空間内に設定することもできる。また、音源要素領域と受音要素領域の分割形態（分割数、分割パターン）は同一にまたは異ならせて設定することができる。演奏等を行う実際の音源と受聴を行う実際の受音点を同一空間の同一位置に設定し、かつ音源要素領域と前記受音要素領域の分割形態を等しく設定する場合には、前記マイクロホンと前記スピーカを該分割形態に合わせてそれぞれ対して配置することができる。

【0011】この発明の音場再現方法によれば、例えば再現対象の音場（ホール等）内で音源と受音点をステージ上の同一位置に設定して各インパルス応答を求め、演奏を行う実際の空間（スタジオ、実験室等）内で実際の音源と実際の受音点を同一位置に設定してマイクロホンとスピーカを配置し、マイクロホンによる收音、インパルス応答との畳み込み演算、スピーカによる再生の一連の動作を実時間で行えば、演奏者はステージ上にいる雰囲気でありハースルを行うことができる。また、再現対象の音場内で音源をステージ上に設定し受音点を客席に設定して各インパルス応答を求め、演奏を行う実際の空間内で実際の音源の周りにマイクロホンを配置して演奏を收音して録音し、録音後これを再生して各対応するインパルス応答と畳み込み演算して実際の受音点の周りのスピーカから再生すれば、演奏者自身が自分の演奏が客席でどのように聞こえるかを確かめることができる。また、再現対象の音場内で音源をステージ上に設定し受音点を客席に設定して各インパルス応答を求め、演奏を行う実際の空間内で実際の音源の周りにマイクロホンを配置して演奏を收音して録音し、実時間で各対応するインパルス応答と畳み込み演算して別の実際の空間で実際の受音点の周りのスピーカから再生すれば、遠隔地間でライブコンサート等を行うことができる。

【0012】この発明の音場再現装置は、再現対象の音場内に設定された音源の周囲の空間を該音源を中心とした適宜の立体角の音源要素領域に分割し、該音場内に設定された受音点の周囲の空間を該受音点を中心とした適宜の立体角の受音要素領域に分割し、前記音源から放射された音が前記各音源要素領域から出射されて前記音場内を通過して前記各受音要素領域に入射されて前記受音点に到達する際のインパルス応答を畳み込み演算のパラメータとして前記各音源要素領域と前記各受音要素領域の組み合わせごとに設定した畳み込み演算器と、該各畳み込み演算器の出力信号を各対応する受音要素領域ごとに加算合成する加算器と、任意の実際の空間で実際の音源

の周りの前記各音源要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたマイクロホンと、任意の実際の空間で実際の受音点の周りの前記各受音要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたスピーカとを具備し、前記実際の音源から放射される音を前記各マイクロホンで收音し、該各收音信号を前記畳み込み演算器にてそれぞれ対応する方向の音源要素領域に関するインパルス応答でそれぞれ畳み込み演算し、該演算により生成された各音響信号を前記加算器でそれぞれ対応する方向の受音要素領域ごとに加算合成し、該各受音要素領域に対応して配置されたスピーカからそれぞれ再生するものである。この音場再現装置によれば、この発明の音場再現方法を実施することができる。この場合、前記再現対象の音場内で前記音源と前記受音点が同一位置に設定され、前記実際の音源と前記実際の受音点が同一空間内の同一位置に設定され、前記マイクロホンによる收音、前記畳み込み演算および加算合成、前記スピーカによる再生の一連の動作を実時間で行うようにすれば、演奏者は例えばステージ上にいる雰囲気でありハースルを行うことができる。

【0013】また、この発明の音場再現装置は、再現対象の音場内に設定された音源の周囲の空間を該音源を中心とした適宜の立体角の音源要素領域に分割し、該音場内の別の位置に設定された受音点の周囲の空間を該受音点を中心とした適宜の立体角の受音要素領域に分割し、前記音源から放射された音が前記各音源要素領域から出射されて前記音場内を通過して前記各受音要素領域に入射されて前記受音点に到達する際のインパルス応答を畳み込み演算のパラメータとして前記各音源要素領域と前記各受音要素領域の組み合わせごとに設定した畳み込み演算器と、該各畳み込み演算器の出力信号を各対応する受音要素領域ごとに加算合成する加算器と、任意の実際の空間で実際の音源の周りの前記各音源要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたマイクロホンと、該マイクロホンで收音した信号を録音し再生する録音再生装置と、任意の実際の空間で実際の受音点の周りの前記各受音要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置に配置されたスピーカとを具備し、前記実際の音源から放射される音を前記各マイクロホンで收音して前記録音再生装置で録音し、該録音後これを再生して、該再生されたマイクロホンごとの收音信号を前記畳み込み演算器にてそれぞれ対応する方向の音源要素領域に関するインパルス応答でそれぞれ畳み込み演算し、該演算により生成された各音響信号を前記加算器でそれぞれ対応する方向の受音要素領域ごとに加算合成し、該各受音要素領域に対応して配置されたスピーカからそれぞれ再生するものである。この音場再現装置によれば、演奏者自身が自分の演奏が例えば客席でどのように聞こえるかを確かめることができる。なお、実際の空間で実際の音源の周りの各音源要素領域に対応する方向の適宜の距離の位置

に配置されたマイクロホンで収音して録音した信号が予め用意されている場合には、録音再生装置に代えて再生専用装置で音場再現を行うこともできる。

【0014】

【発明の実施の形態】この発明の実施の形態を説明する。ここでは、前記図2の音場10を再現するものとする。

(実施の形態1) ステージ12上の音源Sで演奏して客席14内の受音点Rで受聴する状態を再現する場合(客席モードという。)を説明する。音源Sの周囲の空間

(床上のほぼ半球空間)を図8に示すように、該音源Sを中心とした適宜の立体角の音源要素領域S1, S2, …… , Si, …… , Snに分割する。図8の例では水平面内を8分割、斜め上方を4分割の合計12分割(n=12)にした例を示す。また、受音点Rの周囲の空間

(床上のほぼ半球空間)を図9に示すように、該受音点

Rを中心とした適宜の立体角の受音要素領域R1, R2, …… , Rj, …… , Rmに分割する。図9の例では図8の音源要素領域と同一の形態に12分割した例

(n, m=12)を示す。図10に示すように(図10の音源要素領域S1~Sn、受音要素領域R1~Rmは、図8、図9の分割形態を模式的に図示している。)、音源Sから放射された音が音源要素領域S1~Snの1つから出て音場10内を直接または反射して通って受音要素領域R1~Rmの1つから入って受音点Rに到達する際のインパルス応答を、すべての音源要素領域S1~Snとすべての受音要素領域R1~Rmの組み合わせについて計算または実測で求める。これにより、表1に示すn×m通りのインパルス応答hi,j (i=1, 2, …, n, j=1, 2, …, m)が得られる。

【0015】

(表1)

h1,1	: 音源Sから放射され、音源要素領域S1から出て、音場10内を通して受音要素領域R1から入って受音点Rに到達する音のインパルス応答
h1,2	: 音源Sから放射され、音源要素領域S1から出て、音場10内を通して受音要素領域R2から入って受音点Rに到達する音のインパルス応答
⋮	⋮
h1,m	: 音源Sから放射され、音源要素領域S1から出て、音場10内を通して受音要素領域Rmから入って受音点Rに到達する音のインパルス応答
h2,1	: 音源Sから放射され、音源要素領域S2から出て、音場10内を通して受音要素領域R1から入って受音点Rに到達する音のインパルス応答
h2,2	: 音源Sから放射され、音源要素領域S2から出て、音場10内を通して受音要素領域R2から入って受音点Rに到達する音のインパルス応答
⋮	⋮
h2,m	: 音源Sから放射され、音源要素領域S2から出て、音場10内を通して受音要素領域Rmから入って受音点Rに到達する音のインパルス応答
⋮	⋮
hn,1	: 音源Sから放射され、音源要素領域Snから出て、音場10内を通して受音要素領域R1から入って受音点Rに到達する音のインパルス応答
hn,2	: 音源Sから放射され、音源要素領域Snから出て、音場10内を通して受音要素領域R2から入って受音点Rに到達する音のインパルス応答
⋮	⋮
hn,m	: 音源Sから放射され、音源要素領域Snから出て、音場10内を通して受音要素領域Rmから入って受音点Rに到達する音のインパルス応答

【0016】求められたインパルス応答hi,jに基づき任意の実際の空間で音場を再現する場合のシステム構成例を図1に示す。演奏者が演奏を行う実際の空間26の

音響特性を、床面は所定の吸音率を持った反射性、床面以外は吸音性のデッドな特性(半無響室、スタジオ等の特性)にする。該空間26内で実際の音源Sr(演奏位

置)の周りに、前記各音源要素領域 $S_1 \sim S_n$ (図8)に対応する方向に指向性マイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ を該音源 $S_r$ に向けて配置する(図1ではマイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ の配置位置を図10の音源要素領域 $S_1 \sim S_n$ の表示形態に合わせて模式的に図示している。)。受聴者が演奏音の受聴を行う実際の空間32内の音響特性を望ましくはデッドな特性にする。該空間32内で実際の受音点 $R_r$ (受聴位置)の周りに、前記各受音要素領域 $R_1 \sim R_m$ (図9)に対応する方向にスピーカ $SP_1 \sim SP_m$ を該受音点 $R_r$ に向けて配置する(図1ではスピーカ $SP_1 \sim SP_m$ の配置位置を図10の受音要素領域 $R_1 \sim R_m$ の表示形態に合わせて模式的に図示している。))。

【0017】演奏者は演奏を行う空間26内の音源 $S_r$ の位置で演奏する。その演奏音はマイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ でそれぞれ收音され、ヘッドアンプ38を介してDAT40でマルチチャンネル録音される。演奏が終了したら録音した演奏を再生する。DAT40から再生される各マイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ の收音信号は、FIRマトリクス回路42に入力される。FIRマトリクス回路42は各インパルス応答 $h_{i,j}$ がパラメータとして設定された $n \times m$ 個のFIRフィルタ(畳み込み演算器)と、各FIRフィルタの出力信号を受音要素領域が共通するものどうしを加算合成する加算器をマトリクス状に構成したものである。

【0018】FIRマトリクス回路42の構成例を図11に示す。FIRマトリクス回路42は、各マイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ の收音信号をそれぞれ入力する $n$ 本の

入力ライン44-1乃至44- $n$ と、各スピーカ $SP_1 \sim SP_m$ へ供給する信号を出力する $m$ 本の出力ライン46-1乃至46- $m$ を有し、これら入出力ラインの $n \times m$ 個の交点にイコライザ48、FIRフィルタ51(畳み込み演算器)、アッテネータ52の直列接続回路がそれぞれ配置されて、入出力ライン間をそれぞれ接続している。FIRフィルタ51には各対応する音源要素領域と受音要素領域の組み合わせについて求められたインパルス応答のパラメータが設定されている。イコライザ48はスピーカの特性を補正するためのものであり、アッテネータ52は個別にレベル調整するものであり、通常は両者とも一度設定してしまえば同じシステム構成を使う限り変更する必要はない。入力ライン44-1乃至44- $n$ から入力された各マイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ の收音信号は、各対応する音源要素領域に関するインパルス応答で畳み込み演算されて音響信号(直接音、反射音、残響音)が生成され、各対応する受音要素領域の音響信号どうしが加算合成されて、各対応する出力ライン46-1乃至46- $m$ から出力される。

20 【0019】図1において、FIRマトリクス回路42の各出力ライン46-1乃至46- $m$ から出力される音響信号はアンプ47-1乃至47- $m$ で増幅されて、空間32内の各対応するスピーカ $SP_1 \sim SP_m$ に供給されて、再生される。收音に使用するマイクロホンと畳み込み演算に使用するインパルス応答と再生に使用するスピーカの組み合わせを表2に示す。

【0020】

(表2)

マイクロホン	インパルス応答	スピーカ
MC 1	$h_{1,1}$	SP 1
MC 1	$h_{1,2}$	SP 2
.	.	.
.	.	.
MC 1	$h_{1,m}$	SP m
MC 2	$h_{2,1}$	SP 1
MC 2	$h_{2,2}$	SP 2
.	.	.
.	.	.
MC 2	$h_{2,m}$	SP m
.	.	.
.	.	.
MC n	$h_{n,1}$	SP 1
MC n	$h_{n,2}$	SP 2
.	.	.
.	.	.
.	.	.

MCn

hn,m

SPm

【0021】以上により、受聴者のいる空間32内全体では、

【数1】

$$r = \sum_{j=1}^m r_j = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n S_i * h_{i,j} \quad \dots (1)$$

但し、 $S_i$ ：マイクロホンMCi ( $i=1, 2, \dots, n$ ) による収音信号

$r_i$ ：スピーカSPi ( $i=1, 2, \dots, m$ ) による再生信号

なる再生信号  $r$  が再生される。これにより、図2の音場10においてステージ12上で演奏している音楽を客席14で聴いている状態が楽器の指向特性や演奏者の向きを含めて再現される。つまり、トランペットとバイオリン、フルートとピアノなど指向特性が異なる楽器の差が再生音場に現れる。また、演奏者が壁を向いたときはそこからからの返りが強く、壁に背を向けた時は返りが弱くなるといったように、演奏条件の違いを表現できる。

【0022】図1のシステム構成を用いれば、例えば演奏者が空間26において演奏し、それをDAT40に録音し、録音後これを空間32内で再生して演奏者が聴くことにより、演奏者自身が自分の演奏が客席14でどのように聞こえるかを確かめることができる。なお、演奏を行う空間26と受聴を行う空間32とは必ずしも別々である必要はなく、共通の空間を用いてマイクロホンMC1~MCnとスピーカSP1~SPmを併せて配置することもできる。この場合、 $n=m$ とすれば各マイクロホンMC1~MCnと各スピーカSP1~SPmをそれぞれ対して配置することができる。また、図1では1台のDAT40を録音および再生に用いたが、空間26、32で録音装置と再生装置を別々に用意して、空間26において録音装置で録音した記録媒体を空間32が存在する場所まで運んで再生装置で再生して音場再現することもできる。また、図1のシステム構成において、空間26、32を別々の空間とし、DAT40をなくして収音、畳み込み演算、再生を実時間でを行い、空間26での演奏を空間32で聴取するように構成すれば、遠隔地の空間26、32間において通信回線を利用して図2の音場10にいる雰囲気でライブコンサートを行うことができる。

【0023】(実施の形態2) 演奏者自身が図2の音場10内のステージ12上にいる雰囲気で行う演奏する状態を再現する場合(ステージモードという。)を説明する。この場合ステージ12上の音源Sが受音点Rともなる。音源Sの周囲の空間を図8に示すように、該音源Sを中心とした適宜の立体角の音源要素領域S1, S2, ..., Si, ..., Snに分割する。図8の例では水平面内を8分割、斜め上方を4分割の合計12分割( $n=12$ )した例を示す。また、受音点Rの周囲の空間(こ

では音源Sの周囲の空間と共通である。)を図9に示すように、該受音点Rを中心とした適宜の立体角の受音要素領域R1, R2, ..., Rj, ..., Rmに分割する。図9の例では図8の音源要素領域と同一の形態に12分割した例( $n, m=12$ )を示す。図12に示すように(図12の音源要素領域S1~Sn、受音要素領域R1~Rmは、図8、図9の分割形態を模式的に図示している。)、音源Sから放射された音が音源要素領域S1~Snの1つから出て音場10内を直接または反射して通って受音要素領域R1~Rmの1つから入って受音点Rに到達する際のインパルス応答を、すべての音源要素領域S1~Snとすべての受音要素領域R1~Rmの組み合わせについて計算または実測で求める。これにより、前記表1に示す $n \times m$ 通りのインパルス応答 $h_{i,j}$  ( $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m$ ) が得られる。

【0024】ところで、実際のホールでは客席内であればステージ上であれば、受音点Rに到達した音はさらに床等で反射して再び受音点Rに到達したりするような反射を繰り返す。客席モードではマイクロホンによる収音とスピーカによる再生を同時に行わない(あるいは別空間で行う)から、この受音点Rに到達した音の反射の繰り返しを含めてインパルス応答を作成すればよい。ところが、ステージモードではマイクロホンによる収音とスピーカによる再生が同時に行われるから、スピーカで再生された音がマイクロホンで収音されて帰還ループを形成する。この場合、受音点Rに到達した音の反射の繰り返しを含めてインパルス応答を作成すると、帰還ループによる反射音の増大分が加重されて、実際のステージ上で聞くよりも多くの反射音が生成されてしまう。そこで、ステージモードでは、帰還ループを無くすることはできないからそれに代えて、受音点Rに到達した音の反射の繰り返しのないインパルス応答を使用するのが望ましい。つまり、ステージモードでインパルス応答を計算で求める場合は、受音点Rに一旦到達した音線はそこで消滅させ、それ以上反射を繰り返さないものとする。

【0025】求められたインパルス応答 $h_{i,j}$ に基づき任意の実際の空間で音場を再現する場合のシステム構成を図13に示す。演奏者が演奏を行いつつ実時間で受聴を行う実際の空間50の音響特性を、床面は所定の吸音率を持った反射性、床面以外は吸音性のデッドな特性(半無響室、スタジオ等の特性)にする。空間50内で実際の音源Sr(演奏位置)の周りに、前記各音源要素

領域 $S_1 \sim S_n$  (図8) に対応する方向に指向性マイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ を該音源 $S_r$ に向けて配置する

(図13ではマイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ の配置位置を図12の音源要素領域 $S_1 \sim S_n$ の表示形態に合わせて模式的に図示している。)。該空間50内で実際の受音点 $R_r$  (受聴位置)の周りに、前記各受音要素領域 $R_1 \sim R_m$  (図9) に対応する方向にスピーカ $SP_1 \sim SP_m$ を該受音点 $R_r$ に向けて配置する (図13ではスピーカ $SP_1 \sim SP_m$ の配置位置を図12の受音要素領域 $R_1 \sim R_m$ の表示形態に合わせて模式的に図示している。)。 $n=m$ とすれば各マイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ と各スピーカ $SP_1 \sim SP_m$ をそれぞれ対にして配置することができる。

【0026】演奏者は空間50内の音源 $S_r$ の位置で演奏する。その演奏音はマイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ でそれぞれ收音され、ヘッドアンプ38を介してFIRマトリクス回路42に入力される。FIRマトリクス回路42は各インパルス応答 $h_{i,j}$ がパラメータとして設定された $n \times m$ 個のFIRフィルタ (畳み込み演算器) と、各FIRフィルタの出力信号を受音要素領域が共通するものどうしを加算合成する加算器をマトリクス状に構成したもので、例えば前記図11のように構成される。入力ライン44-1乃至44-nから入力された各マイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ の收音信号は、各対応する音源要素領域に関するインパルス応答で畳み込み演算されて音響信号 (直接音、反射音、残響音) が生成され、各対応する受音要素領域の音響信号どうしが加算合成されて、各対応する出力ライン46-1乃至46-mから出力される。

【0027】図13において、FIRマトリクス回路42の各出力ライン46-1乃至46-mから出力される音響信号はアンプ47-1乃至47-mで増幅されて、空間32内の各対応するスピーカ $SP_1 \sim SP_m$ に供給されて、再生される。收音に使用するマイクロホンと畳み込み演算に使用するインパルス応答と再生に使用するスピーカの組み合わせは前記表2で示したものと同一である。なお、ハウリングを防止するため、エコーキャンセラ54を配置し、各マイクロホン $MC_1 \sim MC_n$ の收音信号からそれぞれ対にして配置されるスピーカ $SP_1 \sim SP_m$ の出力信号分を差し引いた信号をFIRマトリクス回路42に入力する。

【0028】以上により、空間50内全体では、前記式(1)で表される再生信号 $r$ が再生される。これにより、演奏者自身が図2の音場10内のステージ12上にいる雰囲気で演奏する状態が再現される。したがって、図13のシステム構成を用いれば、演奏者はステージ12上にいる雰囲気でありハーサルを行うことができる。

【0029】なお、前記各実施の形態では、各音源要素

領域、各受音要素領域を、隣接する要素領域と相互に重ならないように分割したが、隣接する要素領域と部分的に重なり合うように分割することもできる。このようにすれば、隣接するスピーカの間位置すべき音を該両スピーカで同時に再生することにより再現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の音場再現装置の実施の形態1を示す図で、図10の手法により生成されるインパルス応答を用いた客席モードでの音場再現装置のシステム構成を示すブロック図である。

【図2】 再現しようとする音場の一例を示す縦断面側面図である。

【図3】 従来の音場再現手法における受音要素領域の分割形態の一例を示す斜視図である。

【図4】 従来の音場再現手法における客席モードでのインパルス応答の生成手法を説明する図である。

【図5】 図4の手法により生成されるインパルス応答を用いた従来の客席モードでの音場再現装置のシステム構成を示すブロック図である。

【図6】 従来の音場再現手法におけるステージモードのインパルス応答の生成手法を説明する図である。

【図7】 図6の手法により生成されるインパルス応答を用いた従来のステージモードでの音場再現装置のシステム構成を示すブロック図である。

【図8】 この発明の音場再現手法における音源要素領域の分割形態の一例を示す斜視図である。

【図9】 この発明の音場再現手法における受音要素領域の分割形態の一例を示す斜視図である。

【図10】 この発明の音場再現手法における客席モードでのインパルス応答の生成手法を説明する図である。

【図11】 図1および図13におけるFIRマトリクス回路42の構成例を示す回路図である。

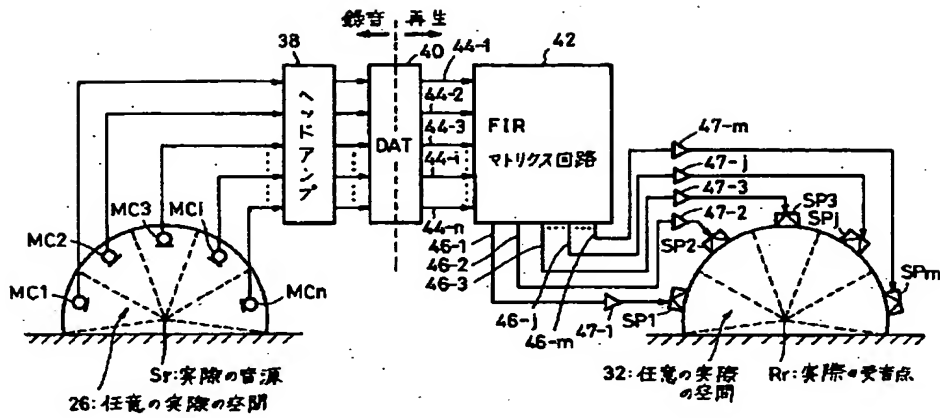
【図12】 この発明の音場再現手法におけるステージモードでのインパルス応答の生成手法を説明する図である。

【図13】 この発明の音場再現装置の実施の形態2を示す図で、図12の手法により生成されるインパルス応答を用いたステージモードでの音場再生装置のシステム構成を示すブロック図である。

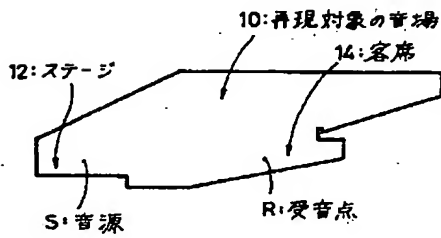
#### 【符号の説明】

10…再現対象の音場、26, 32, 50…任意の実際の空間、40…DAT (録音再生装置)、42…FIRマトリクス回路 (畳み込み演算器および加算器)、 $S$ …音源、 $S_1 \sim S_n$ …音源要素領域、 $R$ …受音点、 $R_1 \sim R_m$ …受音要素領域、 $S_r$ …実際の音源、 $R_r$ …実際の受音点、 $MC_1 \sim MC_n$ …マイクロホン、 $SP_1 \sim SP_m$ …スピーカ。

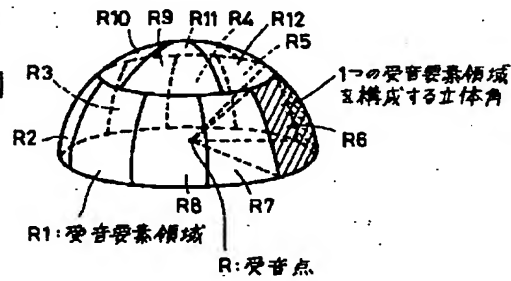
【図1】



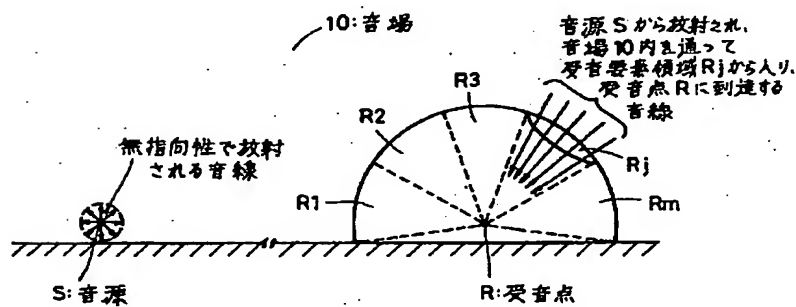
【図2】



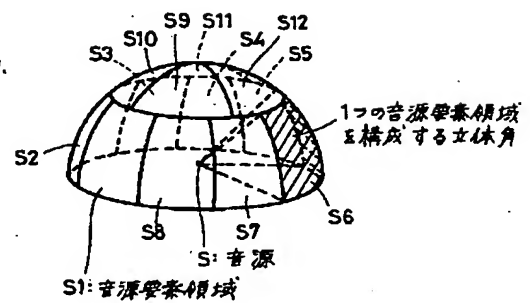
【図3】



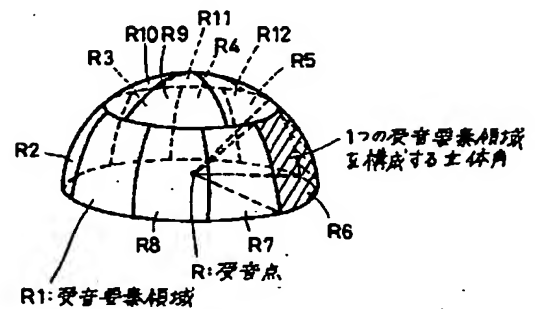
【図4】



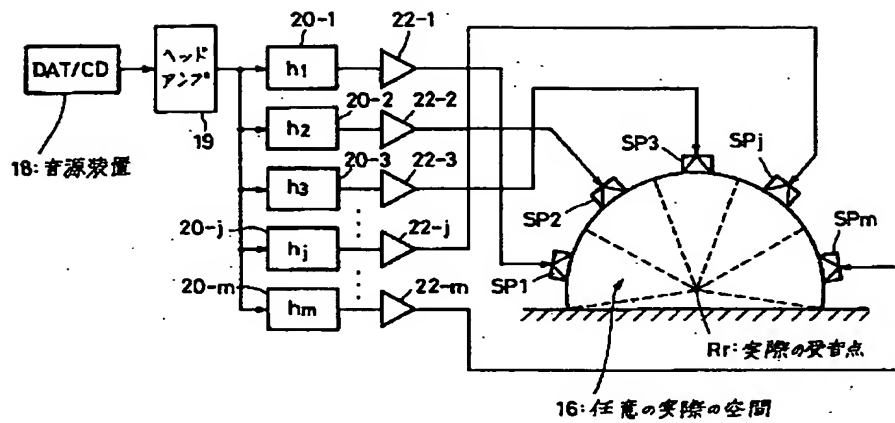
【図8】



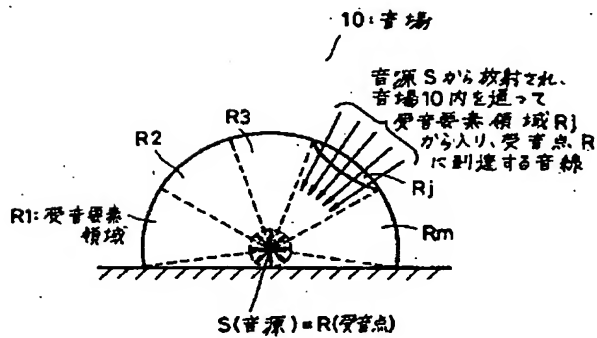
【図9】



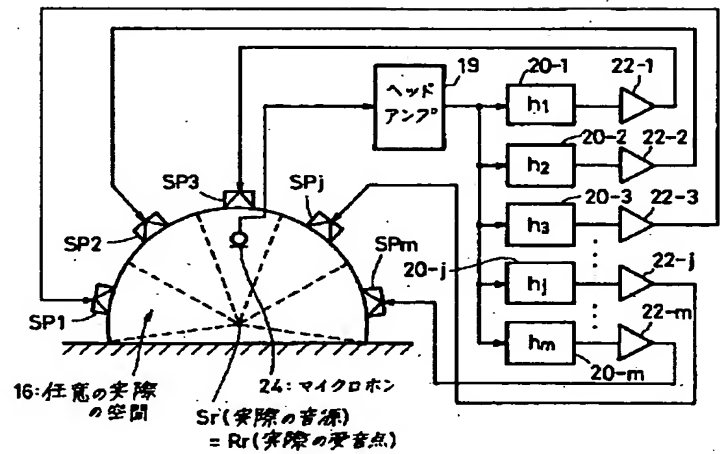
【図 5】



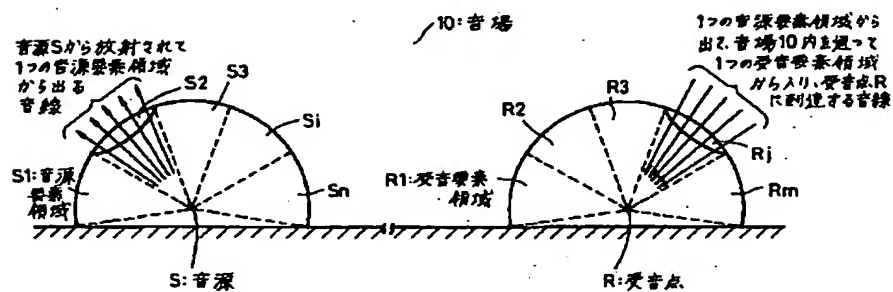
【図 6】



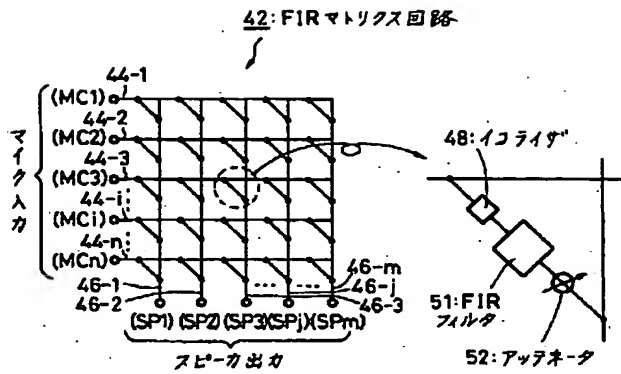
【図 7】



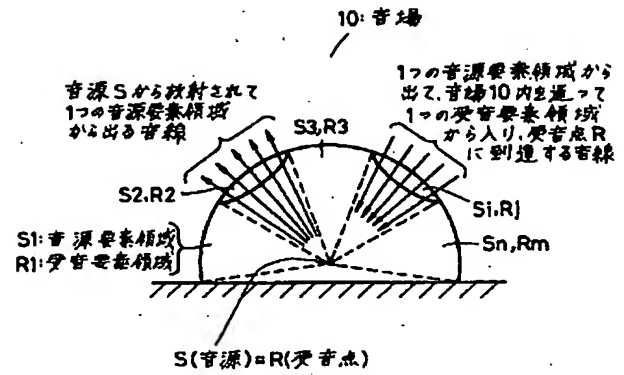
【図 10】



【図11】



【図12】



【図13】

